Biologie Animale

Les Protozoaires

Les protozoaires furent observés pour la première fois il y a 300 ans. Ce sont des unicellulaires, mobiles au moins à un stade de leur développement. Aujourd'hui, ils sont placés dans le règne des protistes.

EMB	SOUS-EMB	SUPER CLASSE	CLASSE	SOUS-CLASSE	EXEMPLES
SARCOMASTIGOPHORES	Mastigophores = flagellés		Zoomastigophores		Choanoflagellés *Trypanosoma* *Leishmania* *Trichomonas* *Joenia* *Trichonympha*
	Opalinates				Opalines
	Sarcodines	Rhizopodes	Lobosiens	Gymnamoebiens	*Chaos diffluens* *Entamoeba histolyca*
				Thecamoebiens	*Difflugia* *Euglypha*
			Granuloreticuloses	Foraminifères	*Elphidium*
		Actinopodes	Acanthaires		
			Heliozoaires		
APICOMPLEXES			Sporozoaires	Grégarines	*Stylocephalus longicollis*
				Coccidies	*Plasmodium falciparum* *Aggregata eberthi* *Toxoplasma* *Eimeria perforans*
CILIOPHORES = CILIES			Kinetofragminophores	Vestibulifères	
				Hypostomates	
				Suctoriens	
			Oligohymenophores	Hymenostomates	*Paramecium*
				Péritriches	*Vorticella*
			Polymenophores	Spirotriches	*Stentor* *Stylonychia*
MYXOZOAIRES					*Myxobolus pfeifferi*

I\ Le règne des protistes.

Les **protistes** sont des unicellulaires et la structure d'une amibe, par exemple, est comparable à n'importer quelle cellule eucaryote : ce sont des **organismes autonomes assurant toutes leurs fonctions vitales** ➔ ce sont des **cellules totipotentes**.

Par conséquent, une cellule protiste n'est pas comparable à une cellule de métazoaire mais à un métazoaire en intégralité.

A\ Protozoaires = Animaux ?

Les unicellulaires autotrophes sont placés parmi les végétaux alors que les unicellulaires hétérotrophes sont rapprochés des animaux.

On peut donc distinguer :

- <u>Les **protophytes**</u> (affinité végétale) : ils ont un pigment pour la photosynthèse qui assure **l'autotrophie**. Ils possèdent aussi des constituants des cellules végétales comme *l'amidon et la cellulose*.

M'hamed Mhamed

- Les **protozoaires** : Ils doivent se procurer les substances vitales dans l'environnement. Ce sont les animaux les plus simples.
- Les **formes intermédiaires**. Exemple : Euglena. Euglena possède des **chloroplastes** mais si elle est élevée à l'obscurité, elle devient un hétérotrophe irréversible.

B\ Distribution des protozoaires et importance écologique.

Malgré la simplicité de leur organisation, la structure protozoaire est réussie car la vie protozoaire est présente sous tous les climats et dans tous les habitats. On peut les trouver :

- A **l'état libre** (en milieu aqueux ou humide).
- Comme **parasite** (maladie).
- Comme **symbiote**.

La modification d'un plan structural de base, en vue de rendre les protozoaires capables d'occuper tous les habitats et de nombreux modes de vie est appelée **radiation adaptative**.

Cette radiation adaptative permet de *réduire la compétition entre des animaux semblables* à l'origine, ce qui permet **l'accroissement de la diversité**.

II\ Morphologie et structure des protozoaires.

A\ Taille.

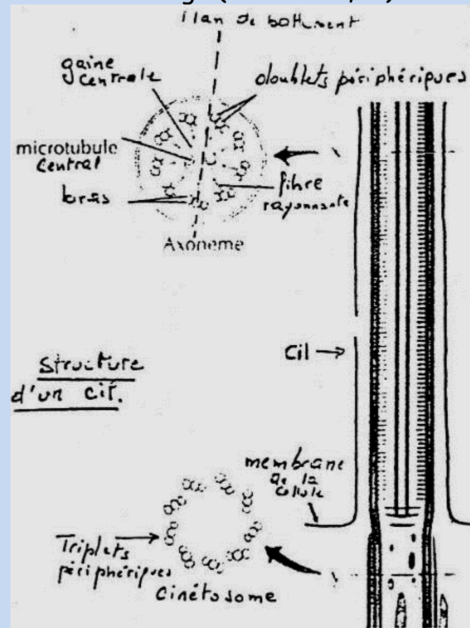
Les protozoaires ont une taille comprise entre 1 et 600µm. Les plus petits sont les sporozoaires ainsi que certains parasites intracellulaires. Les plus grands sont les amibes qui peuvent atteindre jusqu'à 5mm.

B\ Structure.

Les protozoaires possèdent tous les constituants classiques de la cellule eucaryote (organites spécifiques) :

- *Membrane lipoprotéique mince* : **plasmalemme**.
- Membrane lipoprotéique parfois doublée d'une *enveloppe superficielle*. Cette membrane a un rôle de *protection contre les agressions et la déshydratation*. Lorsque cette dernière est bien développée, on peut trouver une membrane cellulosique, calcaire, siliceuse. On général, on parme de *test, de coque, de lorica, de loge…*
- *L'appareil de Golgi* (synthèse de membrane). On trouve, à ce niveau, des différences. On observe des empilements de saccules qui forment les **dictyosomes**. Chez les flagellés, on trouve des dictyosomes très volumineux (ou **appareil parabasal**) qui ont un rôle dans la sécrétion et l'emballage.
- *Le noyau*. Chez les protozoaires, le noyau est *souvent plurinucléé* mais seulement pendant un état transitoire (division du cytoplasme en autant d'individus qu'il y a de noyaux). On trouve toutefois des *protozoaires avec constamment deux noyaux* : les **ciliés** (exemple : paramécies) qui possèdent un **macronucléus et un micronucléus**.

- *<u>Les cils et flagelles</u>*. Ils ont la même structure chez les protozoaires et les métazoaires (spermatozoïdes). Les cils sont courts et nombreux (5 à 15µm) ; les flagelles sont plus rares et longs (150 à 200µm).



- *<u>Le cytosquelette</u>*. Il est très développé et constitué par des microfilaments ou des microtubules. Les microfilaments sont constitués d'actine (protéine) et jouent un rôle dans les mouvements (contractions) de la cellule. Parfois, la cellule renferme, le long de son plus grand axe, une structure rigide, « **l'axostyle** » ou baguette qui est un faisceau de microtubules.
- *<u>Les trichocystes</u>*. On les trouve **chez les ciliés**, à la périphérie du cytoplasme. Ce sont des *dispositifs de défense et d'attaque*. Ce sont des petits dards gorgés de toxine. Ils jaillissent à l'extrémité d'un petit filament pour tuer ou paralyser les proies.

III\ Classification.

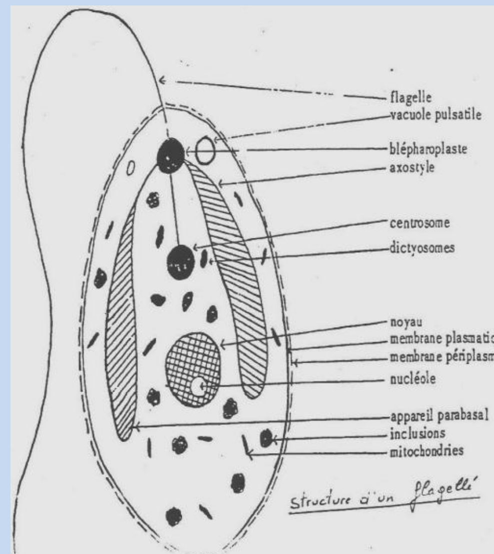
La classification des protozoaires a subit de nombreux remaniements ces dernières années. *La principale discrimination se fait en fonction de l'appareil locomoteur.*

On trouve **quatre embranchements**.

A\ Les Sarcomastigophores.

1\ Les Flagellés.

Ils réalisent leurs *déplacements grâce à des flagelles*. Au cours du cycle, il n'y a **pas de spore**. La *reproduction sexuée est rare.*



2\ Les Rhizopodes.

Ils sont **dépourvus de cil ou de flagelle**. Ils *se déplacent grâce à des* **pseudopodes** qui servent aussi à la capture des proies. La *reproduction sexuée*, dans ce groupe, n'est connue *que chez les foraminifères*.

3\ Les Actinopodes.

Ils ont des **pseudopodes à disposition rayonnante**, *soutenus par des filaments rigides* (**axopode**). Leur forme est généralement sphérique.

B\ Les Apicomplexes / Sporozoaires.

Ils émettent des **spores flagellées** pendant leur cycle reproducteur. Ils n'ont *pas d'appareil locomoteur*. Ils sont *généralement transmis par un vecteur* (moustique). Exemple : *Plasmodium falsiparum* (paludisme).

C\ Les Ciliés (ou Ciliophores, ou Infusoires).

Ils présentent des **cils à la surface de la cellule**. Ils ont **deux noyaux**. Ils présentent divers modes de vie : **libre** (paramécie) ; **fixé** par un pédoncule ; **symbiote** ; **parasites** (peu nombreux).

D\ Les myxozoaires.

Ce sont des *parasites de vertébrés*, dont les poissons. En début de cycle, ils présentent une *forme amiboïde qui évolue vers un plasmode plurinucléé* : ils donneront une tumeur chez l'hôte. Le **plasmode plurinucléé** pourra aussi donner des **spores complexes** entourées d'une enveloppe de *plusieurs cellules valvaires* et donner finalement un **germe pluricellulaire et plurinucléé**.

IV\ Biologie des protozoaires.

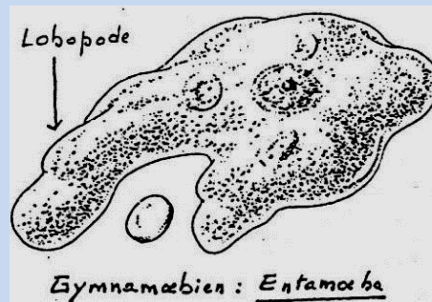
A\ La locomotion.

Le *mouvement orienté* permet la recherche de nourriture, d'un abri, d'un nouvel habitat, d'un partenaire sexuel. On trouve **trois types d'appareils locomoteurs**.

1\ Les pseudopodes.

Les pseudopodes sont des *extensions cytoplasmiques temporaires* pour la locomotion et la capture des proies. En général, des pseudopodes se rétractent pendant que d'autres se forment. *Quatre formes de pseudopodes* existent.

α\ Les lobopodes.



Ce sont des formes de **digitation arrondie**. Ils sont *larges et courts*, contiennent un **endoplasme** et un **ectoplasme** (périphérique). Les protozoaires présentant des lobopodes sont les *amibes polypodiales* (plusieurs pseudopodes) et les *amibes monopodiales* (un pseudopode).

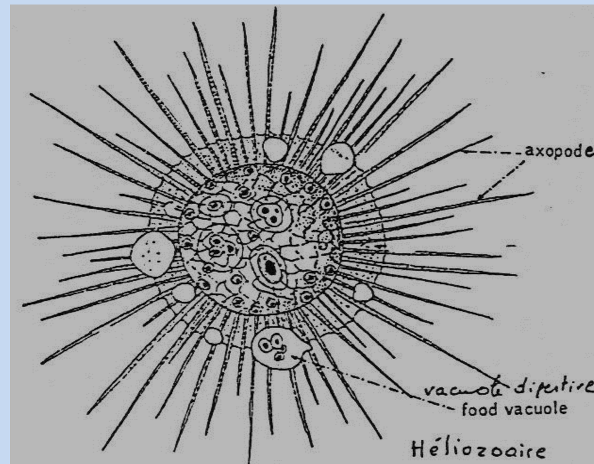
β\ Les filopodes.

On trouve des filopodes chez les **thécamoebiens** (*Difflugia*). Ce sont des *pseudopodes fins*, parfois ramifiés mais qui pointent toujours à une extrémité de la cellule. Ils sont *incapables de s'anastomoser*.

δ\ Les réticulopodes.

On les trouve chez les **foraminifères**. Ils sont fins, très ramifiés, se rejoignent pour constituer un réseau et même, les réticulopodes de plusieurs cellules peuvent se rejoindre et donner un **réticulum multicellulaire** (→ filet pour piéger les proies). Exemple : *Elphidium*.

γ\ Les axopodes.



Ce sont des **prolongements cytoplasmiques**, à *disposition rayonnante* où chacun est soutenu par un *filament axial* (axonème) caractéristique des actinopodes.

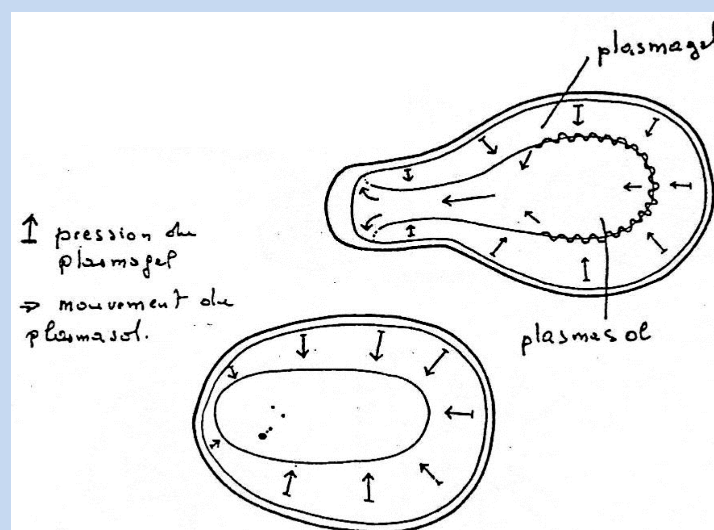
ε\ Formation du pseudopode.

La formation du pseudopode résulte de *l'existence de courants cytoplasmiques*. Juste sous la membrane, on a une zone claire ; dans la *zone interne, on trouve un endoplasme granuleux*. Le **plasmagel** (ectoplasme) **est un gel**. Le **plasmasol est interne** et **beaucoup plus fluide** que le plasmagel.

La plasmagel applique une pression constante sur le plasmasol. Si en un point de la cellule, le plasmagel est insuffisant, le plasmasol va faire irruption et envahir le pseudopode en extension.

Quand le plasmasol atteint l'extrémité du tube, il fait demi-tour et se transforme en plasmagel. Très rapidement, à l'extrémité du plasmasol se forme une couche rétentrice qui arrête le mouvement.

➔ C'est le déplacement caractéristique des amibes nues. Leur **déplacement est lent** (2cm/H).



2\ Cils et flagelles.

Les *cils et flagelles* sont **permanents**, en **position fixe**. Selon les cas, on les trouve sur toute la surface du corps ou localisés. Ils ne sont *efficaces qu'en milieu fluide.*

α\ La locomotion par flagelles.

Ce type de **locomotion caractérise les flagellés** mais elle est aussi présente chez les *spores et les microgamètes*. Chez les flagellés, elle persiste chez les adultes. Les autres formes les perdent (cils et/ou flagelles) si elles s'enkystent.

La *contraction du flagelle est une ondulation* qui commence à la base et qui progresse vers l'extrémité.

En général, le *déplacement se fait flagelle en avant*, et la cellule semble tractée par son flagelle : c'est un **mouvement de tractelle**.

Si l'onde *d'ondulation va de l'extrémité vers la base*, la cellule est alors poussée et c'est un **mouvement de pulselle** que l'on observe (cas des spermatozoïdes).

En orientant le flagelle, il y a changement de direction.

Les flagelles permettent aussi un déplacement en latéral. *L'onde de courbure peut être plane ou tridimensionnelle*. Dans le denier cas, le *flagelle fonctionne comme une hélice*, mais provoque la rotation du corps autour de son axe.

β\ La locomotion ciliaire.

Les *cils* se présentent sous forme de *rangées*, à la surface du corps.

Ils ont deux phases, effective et de recouvrement :

- **Phase effective**. Cette *phase réalise la poussée*. Le cil se raidie et se courbe à sa base pour donner un *coup de fouet dans le plan de la rangée*. Ce mouvement produit une **impulsion**. La direction de battement peut être inversée à tous moments.
- **Phase de recouvrement** (ou de récupération). Le *cil retrouve sa position initiale*. Il devient flasque et *quitte le plan de mouvement pour se coucher sur le côté* : **pas de résistance à l'eau**.

Quand il y a synchronie, tous les cils battent en même temps. Le plus souvent, le mouvement des cils est synchronisé avec les ondes locomotrices qui parcourent le corps : c'est la « *métachronie* ». ➔ Les cils battent selon une séquence qui commence en un point et se propage sur le reste de la surface comme une vague.

L'onde locomotrice améliore l'efficacité du cil.

La surface est légèrement oblique par rapport au corps et l'onde parcourt un trajet en spirale autour de la cellule. ➔ Les *ciliaires se déplacent en s'enroulant autour d'un axe*. Les paramécies se déplacent à 60cm/H.

δ\ Autres dispositifs.

- Les **cils buccaux** : ils entraînent les *aliments vers la bouche.*
- Les **cils somatiques** : ils servent à la *locomotion.*

Chez les **ciliés hypotriches** (*Stylonychia*), on trouve des *groupes de 5 à 7 cils* qui s'associent en petites touffes pour former des **cirres**. Dans ce cas, les cirres supportent le corps et *permettent un déplacement sur substrat solide.*

ε\ Membranes ondulantes. Exemple chez un flagellé : *Trypanosoma*.

Chez *Trypanosoma*, le **flagelle est replié le long du corps cellulaire**, et, entre la membrane cellulaire et le flagelle, *se forment des points d'accolement* qui créent une **véritable membrane ondulante** (prolongement de la membrane cytoplasmique).

L'extrémité du flagelle est libre. Ce sont ses ondulations qui font bouger la membrane.

B\ Nutrition.

1\ La prise de nourriture.

On trouve **quelques saprophytes** qui vont directement absorber les composés *au travers de leur paroi* : le système nutritionnel dégénère.

Les autres sont des **holozoïques**. Ils se nourrissent de *nourriture solide* (par prédation ou filtration).

α\ La prédation.

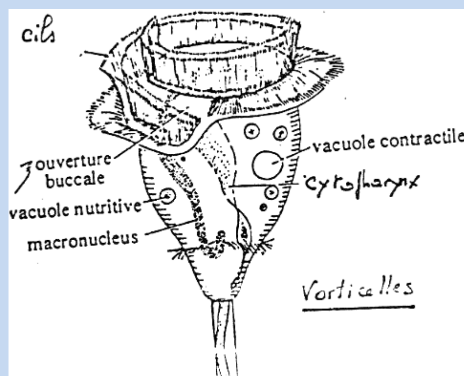
Les *protozoaires pratiquant la prédation sont très mobiles*. Par exemple, une amibe eut attraper une paramécie : plusieurs lobopodes participent à la prédation. *La proie est ingérable en n'importe quel point du corps*. Les pseudopodes servent à capturer la proie.

Il y a ensuite *libération de substance toxique pour immobiliser la proie*, puis, mise en place d'une ***vacuole digestive***.

Les paramécies ont une « bouche » (le ***cytostome***), située au fond d'un entonnoir cilié (le ***cytopharynx***).

L'entonnoir est garni de cils qui, en battant, dirigent les proies vers la bouche. Le **cytopharynx a un grand nombre de trichocystes qui paralysent les proies**. Ces dernières sont ensuite amenées dans la vacuole digestive.

β\ Filtration ou « piégeage ».



Ce mode de nutrition est souvent **réservé aux organismes sessiles** (fixés), par exemple, *Vorticelles* (péritriche) : sa couronne de cils, par des battements, crée des tourbillons qui amènent les particules dans la bouche. *Au fond du cytopharynx, il y a formation d'une vésicule digestive*. La nourriture entre dans la cellule par **endocytose**.

Chez les *choanoflagellés coloniaux*, le flagelle bat et entraîne l'eau vers la collerette.

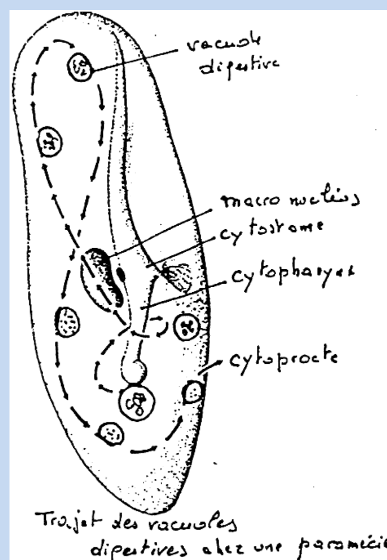
Chez les *organismes libres comme les Actinopodes flottants*, il y a augmentation du rayon d'action par de nombreux axopodes rayonnant.

Chez les *foraminifères*, les réticulopodes ramifiés s'anastomosent et forment ainsi un piège à petits organismes.

2\ La digestion.

La **vacuole digestive est l'organite permettant la digestion intracellulaire**. Celle-ci dérive du plasmalemme. Les *enzymes digèrent les éléments phagocytés*. Il ne reste plus que les déchets non assimilables (dans la vacuole).

Ce sont les *courants d'eau plasmique* (ou cyclose) qui *favorisent le trajet des vacuoles digestives*. Aucun trajet n'est défini, sauf chez les **ciliés**. *Là, la vacuole a un trajet défini de sorte que la position de cette vacuole renseigne sur l'état de digestion des éléments ingérés.*



Pendant le trajet, il y a une série *d'interventions d'enzymes*, favorisées par les *variations de pH.*

Au début, le pH est neutre. Il devient ensuite acide (entre 3 et 4,5) puis remonte pour redevenir neutre à la fin du processus digestif.

3\ Egestion.

La vacuole alimentaire entre en contact avec le plasmalemme et les **déchets sont évacués par exocytose**. *Chez les ciliés, l'exocytose se fait toujours au même point* : on parle alors « **d'anus** » ou de « ***cytoprocte*** ».

Chez les amibes, la technique est différente. Les vacuoles usées s'accumulent dans une « queue » (**l'uroïde**) qu'elles traînent puis qui est abandonnée.

C\ Respiration et circulation.

La *majorité des protozoaires est aérobie* (les anaérobies sont indépendants de l'O_2). Les protozoaires aérobies n'ont *pas d'organites spécialisés pour la respiration* ; il y a **diffusion d'O_2** par la paroi cellulaire.

Les cils et flagelles, par leurs battements, favorisent les échanges.

La *circulation est assurée par les courants cytoplasmiques* ; le transport étant favorisé par les déformations de la cellule.

D\ Excrétion et osmorégulation.

Ces deux fonctions (excrétion et osmorégulation) sont liées.

Les **paramécies**, *à leurs deux extrémités*, possèdent des **vacuoles pulsatiles**. Elles battent en **opposition de phase**. Quand une est en diastole, l'autre est en systole. Elles évacuent, par une ouverture temporaire de la membrane, *l'eau qui entre par osmose dans la cellule*, à partir d'un milieu hypotonique (eau douce). **Leur rôle est de maintenir la pression osmotique**.

Si les paramécies sont *dans un milieu isotonique, les pulsations s'arrêtent*. Les vacuoles n'existent pas chez les protozoaires marins et parasites.

Les *déchets solubles sont évacués avec l'eau rejetée par les vacuoles pu*lsatiles (en partie). La plus *forte partie de l'excrétion est assurée par la membrane* (à son travers), sans intervention d'organite.

Tout le tour de la cellule est en contact avec l'eau, ce qui facilite les passages.

Quand les protéines sont dégradées, les *déchets sont de type azotés* : les protozoaires sont dits **ammoniotéliques**. Les vacuoles digestives participent à l'exocytose.

E\ La reproduction.

Il existe **deux types de reproduction** chez les protozoaires : la **multiplication asexuée** et la **reproduction sexuée**.

1\ La multiplication asexuée.

C'est le *mode le plus répandu chez les protozoaires*, surtout quand les conditions du milieu sont défavorables. Certains protozoaires ne pratiquent que cette méthode de multiplication.

La multiplication asexuée n'implique **qu'un seul parent** : tous les descendants seront donc identiques. Il existe alors un risque si le milieu est modifié (devient défavorable).

α\ La fission binaire.

La **cellule se divise en deux**. C'est le **type le plus courant** (les protozoaires présentent deux à trois fissions binaires par jour). La *fission peut être non orientée* (comme chez les **amibes** [animaux sans forme précise]), *longitudinale* chez les **flagellés** (*Trypanosoma*) ou *transversale* chez les **paramécies** (ciliés).

Il peut y avoir division du noyau sans division du cytoplasme : on obtient alors une forme transitoire ou résistante (*Amoeba binucleata*).

Si l'on trouve un *grand nombre de noyaux*, on parle de **syncytium**.

β\ Le bourgeonnement (ou gemmiparité).

Il y a apparition à la surface cellulaire d'un **bourgeon exogène**, *suivie d'une division nucléaire*, capable de constituer un individu complet qui se détache de l'individu souche. ➔ C'est une **fission binaire inégale**.

Un *bourgeonnement dans le cytoplasme* est appelé **bourgeonnement endogène**.

δ\ Les divisions multiples ou schizogonie.

C'est un *phénomène courant chez les sporozoaires*, qui existe chez les foraminifères. Il y a une **division répétée du noyau puis des divisions du cytoplasme** qui forment autant d'individus qu'il y a de noyaux.

Une *masse de cytoplasme va être abandonnée, puis meurt.*

2\ La reproduction sexuée.

Il y a formation de **cellules spécialisées** (les gamètes) qui s'uniront en donnant un œuf (le zygote). Ce dernier est *semblable morphologiquement aux parents mais génétiquement unique.*

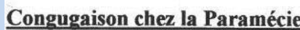
La reproduction sexuée assure une **variabilité génétique de la population** et donc, *augmente la résistance de l'espèce aux conditions du milieu.*

α\ L'hétérogamie.

On trouve deux types de gamètes. C'est le mode de reproduction le plus répandu chez les protozoaires (**reproduction amphimitique**) car elle fait intervenir deux géniteurs. Il existe deux phases :

- La **gamétogamie** : c'est la formation des **gamètes** qui sont soit identiques morphologiquement (= **isogamie**, chez les *foraminifères*), soit différentes morphologiquement (= **anisogamie**, chez des *sporozoaires*). L'isogamie existe chez les protozoaires les plus primitifs.
- La **gamontogamie** : c'est l'appariement des **deux gamontes** (mâle et femelle) *sans passer par un véritable gamète* (les gamontes donnent les gamètes).

β\ La conjugaison (uniquement chez les ciliés) ; exemple de la paramécie.



Congugaison chez la Paramécie

C'est une **fécondation réciproque de deux individus** accouplés qui *échangent une partie de leur matériel nucléaire*. Chaque conjuguant devient un vrai zygote. Il y a *échange de noyaux haploïdes dont la fusion rétablie la diploïdie.*

- Accolement au niveau du péristome → les macronucléus dégénèrent.
- Les **micronucléus** subissent une **division équationnelle** ➔ deux cellules à noyau diploïde.
- Une **division réductionnelle** → *deux cellules à quatre noyaux haploïdes* ➔ Les **pronucléi**.
- *Trois pronucléi par cellule dégénèrent*. Le *quatrième subit une mitose* et donne *deux noyaux haploïdes par cellule* : ce sont des **noyaux de fécondation** (un mâle et un femelle par cellule).
- *Echange des noyaux mâles.*
- Dans chaque cellule, les pronucléi fusionnent : c'est la **fécondation**.
- On obtient **deux zygotes** : le **syncaryon**.

Ensuite, il y a *plusieurs divisions post-conjugaison* qui *rétablissent le complément nucléaire* dont, la reformation du macronucléus dans chaque cellule fille.

δ\ L'autogamie.

L'autogamie est un mode de **reproduction automictique** : n'implique **qu'un parent**. Ce n'est pas une multiplication bien qu'un individu donne un individu. **C'est un rajeunissement génétique** de l'individu. On rencontre cette reproduction chez *certains ciliés*, *foraminifères* et *héliozoaires* (actinopodes).

Exemple du cycle *d'Actinophys*.

- Il **rentre ses pseudopodes** et **s'enkyste**.
- Il **se divise** et donne **deux gamontes** (un mâle et un femelle).
- Les **gamontes donnent des gamètes**.
- Les *gamètes fusionnent en un seul individu.*

➔ C'est un peu une *modification de la conjugaison* avec une simple redistribution des gènes.

3\ Les cycles.

On distingue *trois types de cycles schématiques biologiques des protozoaires*.

α\ Cycle haplobiontique.

La **phase haploïde est longue**. Seul le *zygote est à l'état diploïde*. La **réduction chromosomique est immédiate**.

β\ Cycle haplodiplobiontique.

Il y a *alternance des phases haploïde et diploïde* qui sont équivalentes en durée.
La méiose a lieu à la fin de la vie de l'organisme diploïde ➔ L'alternance de phase est une **alternance de génération**.

Exemple d'*Elphydium crispum* (foraminifère).
La génération diploïde présente un individu microsphérique alors que la génération haploïde montre un individu macrosphérique.

δ\ Cycle diplobiontique.

Les **individus sont diploïdes**. La méiose intervient lors de la gamétogenèse ou pendant la rencontre des individus chez les ciliés.

V\ Association avec d'autres organismes.

Les protozoaires **épizoïques** vivent fixés *sur des plantes ou sur des animaux* (sur la surface corporelle). *Pour la nutrition, ils sont indépendants de l'hôte.*

Les protozoaires **endozoïques** (qui *vivent dans un autre organisme*).
Ils sont **totalement dépendants de leur hôte**. On les trouve *dans les organes creux, dans les tissus ou dans les cellules.*
On distingue deux cas :

- **Mutualisme et symbiose**.
- **Parasitisme**.

A\ Mutualisme et symbiose.

Les protozoaires entretiennent un rapport à bénéfice réciproque avec leur hôte. On détaille deux cas :
Exemples d'association tripartite : **protozoaire + bactéries + termite** et **protozoaire + bactéries + mammifères ruminants**.

Dans tous les cas, les symbiotes sont localisés dans un segment du tube digestif qui devient une **chambre de fermentation**.

1\ Association avec les termites.

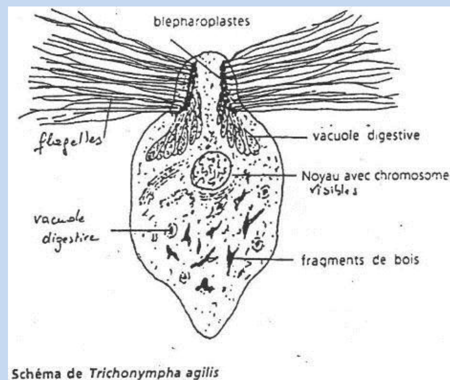


Schéma de *Trichonympha agilis*

Les *termites sont xylophages* et ont par conséquent, un *régime alimentaire pauvre en éléments azotés*. Il se forme une **chambre de fermentation dans un diverticule du proctodéum** : la ***panse rectale***.

Cette panse abrite une faune importante de *Trichonympha* et de bactéries. *Trichonympha* a un *aspect piriforme*. La *partie apicale* forme un *rostre qui porte de nombreux flagelles*. Ces **protozoaires** possèdent **l'équipement enzymatique nécessaire** qui permet la **digestion de la cellulose** (les termites en sont dépourvus).

➔ Les termites concassent le bois en fragments phagocytés par les *Trichonympha*, puis, digèrent la cellulose et *rejettent de la lignine*.

Au centre de ces cellules de protozoaires, on trouve un **très grand nombre de bactéries** qui *entourent l'axostyle* et les fragments de bois. Les *bactéries dégradent les déchets puriques*, ce qui *restitue de l'azote aux termites*.

Un termite sans *Trichonympha* meurt.

L'intérêt pour le protozoaire est qu'il est abrité par l'insecte et alimenté en aliments déjà mâchés. **Cette symbiose est constante chez les termites et chez certaines blattes**.

Le compartiment proctodéal du termite est soumis aux mues → perte des protozoaires. Le termite doit ré-ensemencer son tube digestif en ingérant sa dépouille ou en quémandant des gouttelettes du contenu rectal d'un congénère.

2\ Association avec les mammifères ruminants.

Les *protozoaires sont capables de digérer la cellulose* alors que les *mammifères en sont incapables*. La digestion de cette matière se fait donc dans un estomac compartimenté en quatre chambres digestives (panse, bonnet, feuillet, caillette). La *panse est la chambre de fermentation*. Chez le bœuf, elle peut atteindre 250 litres. On y trouve 10^{11} bactéries/mL et 10^{6} ciliés/mL. Les bactéries digèrent aussi la lignine. Les *protozoaires sont anaérobies*.

Les *ciliés phagocytent la lignine mais aussi les bactéries*. Le **bœuf digère de grandes quantités de ciliés et de bactéries**.

On considère qu'un bœuf digère 1kg à 1,5kg de bactéries et de ciliés par jour.

Les ruminants sont un groupe prospère : leur réussite est sans doute liée à cette association symbiotique.

B\ Le parasitisme.

Un parasite est un **organisme qui vit au dépend d'un autre être vivant**. Pour le parasite, *l'association est obligatoire*.

1\ Parasitisme chez les flagellés.

Exemple des Trypanosomides (reproduction sexuée inconnue).

Ils s'attaquent à *l'Homme et au bétail*. Certains se développent dans les *parties antérieures du tube digestif d'un insecte piqueur*. C'est le cas de *Trypanosoma brucei gambience* et de *Trypanosoma brucei rodhésience*. Ils provoquent la **maladie du sommeil** et sévissent soit en Rhodésie, soit en Gambie. Ils sont transmis par la **mouche tsé-tsé** ou *Glossine*. La transmission se fait par piqûre.

Le trypanosome peut vivre aussi chez des mammifères sans les inquiéter (**porteurs sains**) tels les *antilopes et les porcs* : ce sont des **réservoirs à virus**.

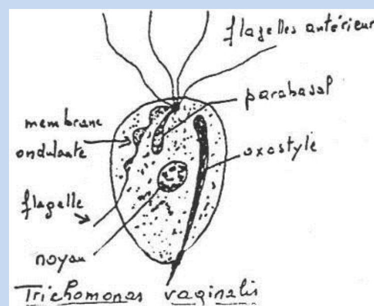
Exemple de *Leishmania aethiopica.*

Ce dernier est *transmis par un petit moustique*. Ses « réservoirs à virus » sont les chiens et les rongeurs. Quand l'Homme est piqué, le **flagellé pullule au point d'inoculation**. ➔ Altération cutanée (le **bouton d'orient**) qui laisse des **traces indélébiles**. On trouve ce parasite en Afrique du Nord et au Moyen-Orient.

Exemple des Trychomonadine.

Ils ont une *forme en amande* et portent **4 à 5 flagelles répartis en une petite touffe apicale** et un flagelle formant une **membrane ondulante**.

Le cas de *Trichomonas vaginalis*. C'est un *parasite du tractus uro-génital*. Chez la femme il provoque un déséquilibre de ce tractus : **inflammations ou vaginites**.



La *transmission à l'homme se fait par voie sexuelle* et ils s'installent **dans l'urètre et la prostate** où ils *donnent des kystes*. Ils peuvent survivrent plusieurs heures sur des linges souillés… Ce qui explique la « vaginite de la vierge ».

Chez l'homme, ils sont responsables de 15% des inflammations de l'urètre.

2\ Parasitisme chez les rhizopodes.

Exemple d'un amibe : *Entamoeba histolyca*. (Amibe monopodial).

On *ingère un kyste avec de l'eau ou des légumes souillés par des excréments h*umains. Le **dékystement** se fait dans le **gros intestin**.

Il existe **deux formes** d'*Entamoeba histolyca* : une **forme non pathogène** (*minuta*) qui se *nourrit de bactéries et d'amidon* ; un **forme pathogène** qui va **perforer les capillaires sanguins**

et sécréter des **enzymes histolytiques qui provoquent des ulcères du colon**. Il y a déclenchement d'une **dysenterie amibienne** caractérisée par des douleurs abdominales et des diarrhées sanguinolentes. Ces amibes peuvent ensuite gagner le foie, le cerveau, les poumons… en passant par le sang. On les trouve *dans les zones tropicales*.

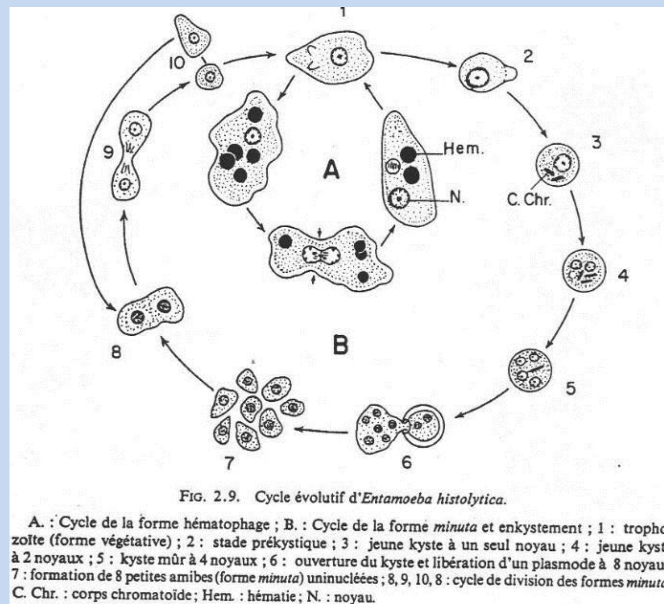


FIG. 2.9. Cycle évolutif d'*Entamoeba histolytica*.

A. : Cycle de la forme hématophage ; B. : Cycle de la forme *minuta* et enkystement ; 1 : trophozoïte (forme végétative) ; 2 : stade prékystique ; 3 : jeune kyste à un seul noyau ; 4 : jeune kyste à 2 noyaux ; 5 : kyste mûr à 4 noyaux ; 6 : ouverture du kyste et libération d'un plasmode à 8 noyaux 7 : formation de 8 petites amibes (forme *minuta*) uninucléées ; 8, 9, 10, 8 : cycle de division des formes *minuta*. C. Chr. : corps chromatoïde ; Hem. : hématie ; N. : noyau.

3\ Parasitisme chez les sporozoaires.

Les **sporozoaires sont tous parasites**. Leur cycle est caractérisé par *l'alternance d'une phase asexuée* (**schizogonie**) *et d'une phase sexuée* (**gamogonie**). La **schizogonie se déroule lors de l'infestation de l'hôte**. La **gamogonie** permet la **transmission d'un hôte à l'autre**.

Le **cycle débute avec le sporozoïte** (qui *contamine l'hôte définitif*) qui **donne un trophozoïte**. Il y a ensuite *multiplication des noyaux*, *divisions du cytoplasme*, ce qui entraîne l'apparition **d'autant de schiphozoïtes qu'il y a de noyaux**. Les *schiphozoïtes s'accroissent pour donner les gamontes* (**gamogonie**).

Les *gamontes femelles s'accroissent pour évoluer en macrogamètes*. Les gamontes males subissent la gamogonie (division du noyau puis du cytoplasme) : **au final**, on a alors un **grand nombre de gamètes males**.

L'anisogamie est de règle.

La *fusion des gamètes donne un zygote* (diploïde) qui **subit de suite la méiose**.

La **phase de sporogonie** est caractérisée par des **multiplications du noyau** ➔ Il y a **libération d'un grand nombre de spores**. Ces dernières *donneront les sporozoïtes*.

On observe *deux principaux groupes* : les **Coccidies** (de petite taille) et les **Grégarines** (de grande taille).

α\ Exemple de Coccidie monoxème (maladie du « gros ventre » chez les lapins).

Le *lapin s'infeste en mangeant de l'herbe souillée*. Les **spores ingérées** arrivent dans le *tube digestif et libèrent des* **sporozoïtes** qui entrent dans les cellules intestinales. Les **sporozoïtes se multiplient** et *vont infester d'autres cellules intestinales*.

La *fécondation a lieu dans la lumière du tube digestif*. Les *zygotes s'entourent d'une membrane épaisse* : ce sont les **spores**. *Le tout est rejeté avec les excréments*.

β\ Exemple de Coccidie dixène.

Les **hôtes définitifs sont les félidés** (chat, puma, jaguar…). Après ingestion, il y a *infestation des cellules intestinales*, puis, **multiplication par schizogonie**. Les cellules intestinales vont éclater et **libérer des sporozoïtes** qui parasiteront d'autres cellules. Les *gamontes males et femelles vont fusionner* pour former un **zygote** (**oocyste**) qui sera évacué avec la matière fécale.

Dans le milieu extérieur se produit la **méiose**. L'oocyste donne **deux sporocystes** *contenant chacun 4 sporozoïtes*. Le pouvoir infectieux va de 30 jours à sec, à 1 an en milieu humide.

Le passage à l'hôte intermédiaire est possible. Il y a **enkystement dans les muscles**.

Le *passage à l'Homme* se fait par des *légumes souillés ou par le bœuf, le porc, le mouton…* mais *l'Homme n'est pas l'hôte définitif*. S'il y a **prolifération des kystes**, elle se fait au niveau des viscères, des poumons, des muscles et de l'encéphale.

La **transmission congénitale** est possible par voie placentaire. Si la contamination se fait durant le premier trimestre, il y a un **risque d'avortement ou de malformation**. Après ce premier trimestre, la contamination sera détectable par des signes **d'infection généralisée** à la naissance.

δ\ Coccidie hétéroxène (paludisme).

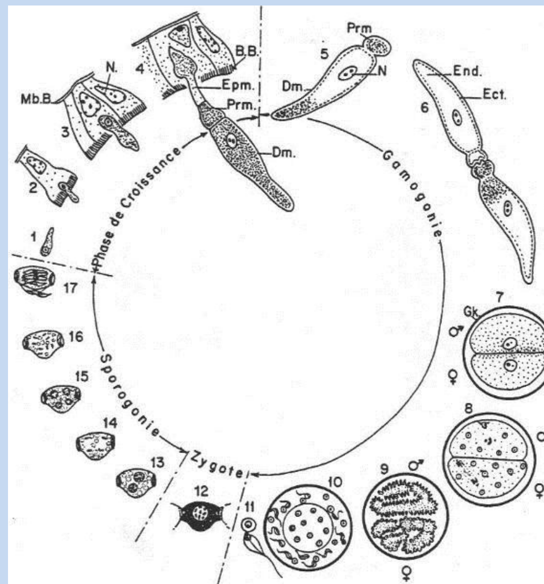
Le paludisme tue chaque année 2,5 millions de personnes.

La **schizogonie a lieu chez l'Homme**. La **gamogonie et la sporogonie se font chez le moustique (anophèle)**. Les symptômes sont des accès de fièvre toutes les 48 heures, dues à *l'éclatement des globules rouges* et à la *libération de protéines* et du parasite dans le plasma.

ε\ Les Grégarines.

Les Grégarines parasitent les tubes digestifs **d'invertébrés** (annélides et insectes). Le *trophozoïte est mobile* (pour un déplacement dans l'intestin).

Exemple de *Stylocephalus langicollis*.



C'est un parasite d'un coléoptère du genre blaps.

L'infestation se fait par consommation de spores abandonnées par un individu atteint.

Dans les phases 1 à 3, le parasite s'incruste dans le cytoplasme des cellules de la paroi de l'intestin. Rapidement, le trophozoïte se différencie en trois parties :

- *Une partie étroite*, terminée en suçoir enfoncée dans les cellules intestinales : **l'épimérite**.
- *La partie moyenne* : **le protomérite**.
- *La partie externe* : **le deutomérite**. Il renferme la plus grande partie du cytoplasme et le noyau.

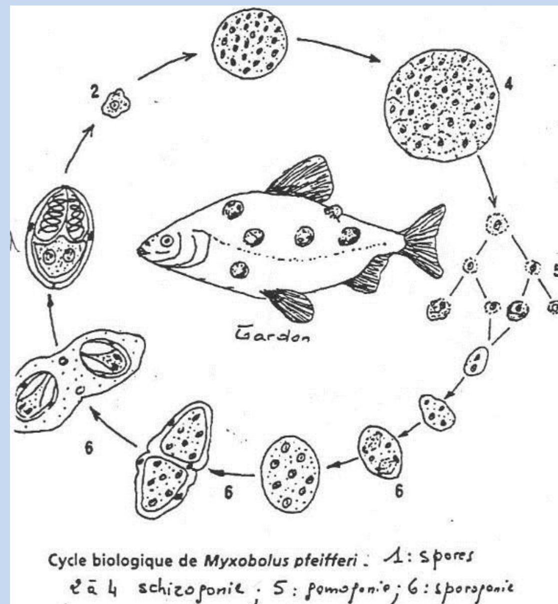
Le départ se fait par *rupture de l'épimérite qui reste dans la cellule hôte*. Ensuite, il y a *accolement*, deux à deux, des **trophozoïtes** (= **syzygie**) au niveau de protomérites ➔ mucus qui entoure les deux cellules (une cellule mâle et une cellule femelle ➔ petit *kyste appelé gamétocyste, évacué avec les fécès*).

Dans le *milieu externe*, *les noyaux se multiplient* et se disposent à la périphérie du cytoplasme

Phase 9 : *perlage des gamètes*.

Après la fécondation, on obtient un **grand nombre d'œufs**. Un zygote donne une spore qui subit trois divisions successives (la première étant réductionnelle).

4\ Parasitisme chez les Myxozoaires.



Cycle biologique de *Myxobolus pfeifferi* : 1 : spores
2 à 4 schizogonie ; 5 : pomogonie ; 6 : sporogonie

<u>Exemple de *Myxobolus pfeifferi*.</u>

En 2, on a un *germe amiboïde* : le **sporoplasme**.

En 1, on a le *stade final* : la **spore contenant le germe**.

Le *sporoplasme est binucléé* (2 noyaux). La structure de la *spore est pluricellulaire* ➔ on a une **coque périphérique à plusieurs cellules**. Elle renferme le sporoplasme et un filament, dont le déroulement favorise la libération de sporoplasme.

Le *poisson s'infeste en ingérant les spores*. Elles *s'ouvrent dans l'intestin* et *libèrent le sporoplasme* qui va se localiser *dans les muscles où il subira de nombreuses schizogonies*. Le tissu hôte donne des tumeurs qui abritent un grand nombre de *kystes à structure en plasmobe*.

On suppose que dans le plasmobe, il y aurait réduction chromatique et gamétogenèse. Ce qui est sûr, c'est qu'il y a **évacuation d'une spore avec les excréments**.

VI\ Les formes coloniales.

Des **colonies existent chez les choanoflagellés** : elle varient de quelques individus à plusieurs milliers. Il **peut même y avoir une différentiation des individus** (végétatifs/reproductifs).

Par ces adaptations, les protozoaires coloniaux se rapprochent de l'organisation des pluricellulaires.